

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-277054

(43)Date of publication of application : 25.09.2002

(51)Int.Cl. F24H 1/10  
 H01L 21/205  
 H01L 21/22  
 H01L 21/26  
 H01L 21/31  
 H05B 3/14  
 H05B 3/40  
 H05B 3/44

(21)Application number : 2001-038424

(71)Applicant : TOSHIBA CERAMICS CO LTD  
 TOKYO ELECTRON LTD

(22)Date of filing : 15.02.2001

(72)Inventor : SOTODANI EIICHI  
 KIN TOMIO  
 NAGATA TOMOHIRO  
 SEKO JUN  
 SAITO TAKANORI  
 MIURA KAZUTOSHI  
 HASEGAWA AKINARI  
 HOSHI JOJI  
 ISHII KATSUTOSHI

(30)Priority

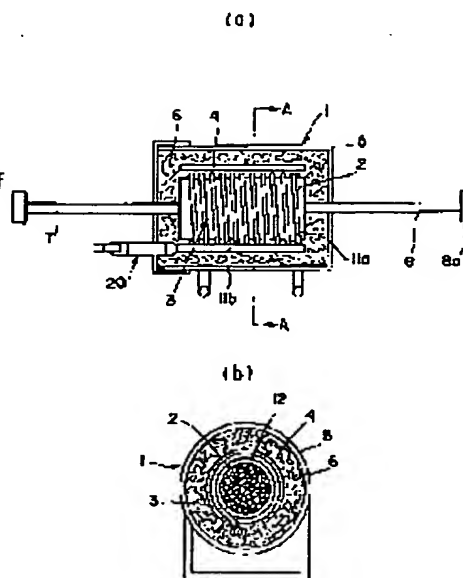
Priority number : 2000093245  
 2001003250Priority date : 30.03.2000  
 11.01.2001Priority country : JP  
 JP

## (54) FLUID HEATING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a fluid heating device, excellent in durability and capable of restraining the producing of particles or the like, metallic contamination or the like while capable of being miniaturized.

SOLUTION: The fluid heating device is equipped with at least a heating tube 2 for heating fluid supplied from a fluid supplying source, a heater unit 3 formed spirally around the outer periphery of the heating tube and a housing 5 for receiving the heating tube 2 and the heater unit 3 while the heater unit 3 is constituted of a carbon wire heat generating body 10 and a quartz glass tube 11 for sealing the carbon wire heat generating body 10.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

03.09.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3587249

[Date of registration] 20.08.2004

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-277054

(P2002-277054A)

(43) 公開日 平成14年9月25日 (2002.9.25)

| (51) Int.Cl. <sup>7</sup>            | 識別記号  | F I            | 特許出願公開番号          |
|--------------------------------------|-------|----------------|-------------------|
| F 2 4 H 1/10                         |       | F 2 4 H 1/10   | C 3 K 0 9 2       |
| H 0 1 L 21/205                       |       | H 0 1 L 21/205 | 3 L 0 3 4         |
| 21/22                                | 5 0 1 | 21/22          | 5 0 1 S 5 F 0 4 5 |
|                                      | 5 1 1 |                | 5 1 1 S           |
| 21/26                                |       | 21/31          | E                 |
| 審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全 15 頁) 最終頁に続く |       |                |                   |

(21) 出願番号 特願2001-38424(P2001-38424)

(22) 出願日 平成13年2月15日 (2001.2.15)

(31) 優先権主張番号 特願2000-93245(P2000-93245)

(32) 優先日 平成12年3月30日 (2000.3.30)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願2001-3250(P2001-3250)

(32) 優先日 平成13年1月11日 (2001.1.11)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000221122

東芝セラミックス株式会社

東京都新宿区西新宿七丁目5番25号

(71) 出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社

東京都港区赤坂5丁目3番6号

(72) 発明者 外谷 栄一

山形県西置賜郡小国町大字小国町378番地

東芝セラミックス株式会社小国製造所内

(74) 代理人 100101878

弁理士 木下 茂

最終頁に続く

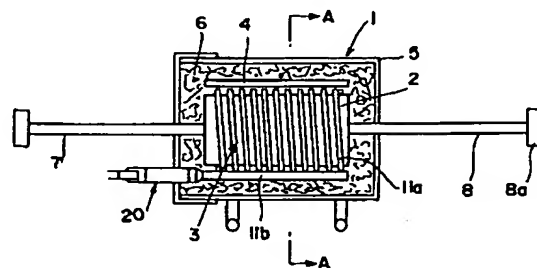
(54) 【発明の名称】 流体加熱装置

(57) 【要約】

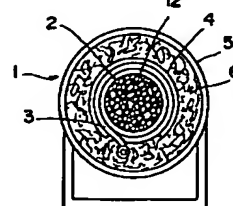
【課題】 耐久性に優れ、しかもパーティクル等の発生や金属汚染等を抑制でき、小型化可能な流体加熱装置を提供する。

【解決手段】 流体供給源から供給される流体を加熱する加熱管2と、前記加熱管の外周囲に螺旋状に形成されたヒータ部3と、前記加熱管2及びヒータ部3を収容するハウジング5とを少なくとも備え、前記ヒータ部3が、カーボンワイヤー発熱体10と、前記カーボンワイヤー発熱体10を封入した石英ガラス管11からなることを特徴とする。

(a)



(b)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 流体供給源から供給される流体を加熱する加熱管と、前記加熱管の外周囲に螺旋状に形成されたヒータ部と、前記加熱管及びヒータ部を収容するハウジングとを少なくとも備え、

前記ヒータ部が、カーボンワイヤー発熱体と、前記カーボンワイヤー発熱体を封入した石英ガラス管からなることを特徴とする流体加熱装置。

【請求項2】 前記加熱管の内部に、通過する流体の抵抗となる充填物が配設されていることを特徴とする請求項1に記載された流体加熱装置。

【請求項3】 前記充填物が、短柱状の石英ガラスビーズを融着することによって形成された成形体、あるいは連通した細孔が形成された多孔質石英ガラス成形体よりなることを特徴とする請求項2に記載された流体加熱装置。

【請求項4】 短柱状の石英ガラスビーズを融着することによって形成された前記成形体が、直径6乃至12mm、長さ6乃至12mmのビーズと、直径4乃至10mm、長さ4乃至10mmのビーズの大小二種類のビーズを、個数比で1:4乃至4:1の割合で混合して、融着することによって形成された成形体であることを特徴とする請求項3に記載された流体加熱装置。

【請求項5】 前記充填物が、複数の石英ガラスパイプからなることを特徴とする請求項2に記載された流体加熱装置。

【請求項6】 前記充填物が、複数の開口部を有する石英ガラス製のガス拡散板からなることを特徴とする請求項2に記載された流体加熱装置。

【請求項7】 前記ガス拡散板が加熱管の内部に複数枚収容され、少なくとも隣合うガス拡散板の開口部が一致しないように構成されていることを特徴とする請求項6に記載された流体加熱装置。

【請求項8】 前記ヒータ部とハウジングの間の空間に、高純度の断熱材が充填されることを特徴とする請求項1に記載された流体加熱装置。

【請求項9】 前記加熱管とヒータ部とが、ハウジング内に設けられた熱遮蔽体内に収容されていることを特徴とする請求項1に記載された流体加熱装置。

【請求項10】 前記熱遮蔽体が筒状であって、少なくともこの内表面に、シリカ微粉末とアルミナ微粉末を含有する反射断熱コート膜が形成されていることを特徴とする請求項9に記載された流体加熱装置。

【請求項11】 前記反射断熱コート膜が、シリカ微粉末とアルミナ微粉末とを3:1容量部乃至3:7容量部の配合比の組成物からなることを特徴とする請求項10に記載された流体加熱装置。

【請求項12】 前記反射断熱コート膜が、更に酸化チタン微粉末を含有することを特徴とする請求項10または請求項11に記載された流体加熱装置。

【請求項13】 前記反射断熱コート膜の膜厚が30μm乃至200μmの範囲にあることを特徴とする請求項10乃至請求項12のいずれかに記載された流体加熱装置。

【請求項14】 前記熱遮蔽体とハウジングの間の空間に、高純度の断熱材が充填されることを特徴とする請求項9乃至請求項13のいずれかに記載された流体加熱装置。

【請求項15】 前記カーボンワイヤー発熱体が、直径5乃至15μmのカーボンファイバーを束ねたファイバー束を複数束編み上げてなる編組形状、あるいは組紐形状のカーボンワイヤー発熱体であることを特徴とする請求項1に記載された流体加熱装置。

【請求項16】 前記カーボンワイヤー発熱体が、カーボンファイバーの含有不純物量が灰分重量として10ppm以下であることを特徴とする請求項15に記載された流体加熱装置。

【請求項17】 前記加熱管の内部に、複数の石英ガラスビーズを一部融着することによって形成された多孔質成形体が配設されていることを特徴とする請求項1、請求項15もしくは請求項16に記載された流体加熱装置。

【請求項18】 前記加熱管とヒータ部とが、ハウジング内に設けられた断熱材内に収容されていることを特徴とする請求項17に記載された流体加熱装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ガスもしくは液体である流体加熱装置に関し、例えば、半導体製造工程中で使用される各種半導体加熱処理炉に接続され、前記半導体加熱処理炉に供給されるガスの温度を昇降制御する流体加熱装置に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体製造プロセスにおいて、例えば、不純物拡散炉、酸化炉、アニール炉、薄膜製造装置、エッチング装置等において種々の半導体加熱処理炉が用いられている。これら半導体加熱処理炉には、その目的、用途に応じ、枚葉式、縦型、横型バッチ式等のタイプのものが存在している。従来の縦型バッチ式酸化反応炉を図12に基づいて説明すると、この反応炉60は、反応管加熱炉61と、均熱管62と、反応管63とを備え、前記反応管63の内部にはウエハを多段に保持するウエハポート（図示せず）を配置できるように構成されている。このような反応炉60において、反応ガスは、反応ガス入口64から反応ガスノズル65、反応管加熱炉61内部に設けられたガス導入部66を経由して、反応管63の内部に導入される。

【0003】ところで、この従来の縦型バッチ式酸化反応炉60にあっては、反応ガスはガス導入部66内を通過中に反応管加熱炉中に埋設されたヒータ（図示せず）

熱によって均熱管62を介して予熱されて温度が上昇する。しかしながら、外部から導入される反応ガスは反応管63の内部の温度に比べて低く、十分に予熱されないため、反応管63内の上部と中央部とで温度差が生じ、反応管63内における反応ガスの分解生成ガスの分圧分布が、不均一となる。その結果、反応管63内部に収納されているウエハの反応に差が生じ、ウエハに生成される膜厚、膜質が不均一となり、良好な酸化膜を得ることができないという弊害があった。

【0004】上記弊害を解決する手段として、前記反応ガスを炉内に導入する前に加熱装置を用いて加熱し、半導体加熱処理炉の処理温度に見合う所定温度に予熱昇温して、炉内温度分布の均一化を図る提案がなされている（特開昭63-316425号公報、特開平7-176498号公報）。

【0005】前記特開平7-176498号公報には、縦型反応炉内へ導入する反応ガスを所定の温度に加熱制御するガス加熱装置が示されている。このガス加熱装置について図13に基づいて説明すると、このガス加熱装置70は、細長い蛇行状に形成された加熱経路部73と前記加熱経路部73中に設けられた均熱体（発熱体）72を備え、ガス入口71から導入された反応ガスは、ガス加熱装置の均熱体（発熱体）72により加熱されながら、細長い蛇行状に形成された加熱経路部73内を流れ、炉内に導入されるように構成されている。なお、図13中の矢印は反応ガスの流れを示している。

【0006】また、前記特開昭63-316425号公報には、枚葉式ベルジャー炉を用いたエピタキシャル薄膜気相成長装置内へ導入する反応ガスを所定の温度に加熱制御するガス加熱装置が示されている。このガス加熱装置80はスパイラル管81と、前記スパイラル管81の外側に設けられたヒータ部82とを備え、反応ガスはスパイラル管81を通過する間に、ヒータ部82からの熱で所定温度にまで加熱された後、ノズル83からベルジャー84内に供給されるように構成されている。なお、図14、15中の矢印は反応ガスの流れを示している。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、特開平7-176498号公報に開示されたガス加熱装置を酸化炉に適用した場合、加熱経路部を高純度石英管で形成し、均熱体（発熱体）を高純度炭化珪素（SiC）製発熱体で形成したとしても、反応ガスとして水蒸気（H<sub>2</sub>O）が用いられるため、酸素がSiC発熱体の内部にまで入り込み内部酸化し、構造的劣化が生じ、パーティクルが発生するという問題があった。また、アニール炉で水素を流通させた場合においても、炭化珪素（SiC）製発熱体と水素の反応で不純物ガスが発生するという問題があった。更に、炭化珪素（SiC）製発熱体は熱容

量が大きく、熱応答性が良くないため、急速な昇降温が困難であった。

【0008】また、特開昭63-316425号公報に開示されたガス加熱装置では、スパイラル管の内部を反応ガスが通過するように構成されているが、ガスの滞留性が悪く、スパイラル管の長さを相当長くしなければ、所定温度にまで加熱することができなかった。一方、ガスを所定温度にまで加熱するため、スパイラル管の長さを長くするとガス加熱装置の小型化が図れないという問題があった。

【0009】本発明は、上記技術的課題を解決するためになされたものであり、耐久性に優れ、しかもパーティクル等の発生や金属汚染等を抑制でき、小型化可能な流体加熱装置を提供することを目的とするものである。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記技術的課題を解決するためになされた本発明にかかる流体加熱装置は、流体供給源から供給される流体を加熱する加熱管と、前記加熱管の外周囲に螺旋状に形成されたヒータ部と、前記加熱管及びヒータ部を収容するハウジングとを少なくとも備え、前記ヒータ部が、カーボンワイヤー発熱体と、前記カーボンワイヤー発熱体を封入した石英ガラス管からなることを特徴としている。

【0011】本発明にかかる流体加熱装置は、前記ヒータ部がカーボンワイヤー発熱体と、前記カーボンワイヤー発熱体を封入した石英ガラス管からなると共に、ヒータ部が前記加熱管の外周囲に螺旋状に形成されている点に構成上の特徴がある。このように、カーボンワイヤー発熱体を石英ガラス管に封入してなるヒータ部は、従来の高純度炭化珪素製ヒータに比較して熱容量が小さく、半導体ウエハに有害な金属汚染やパーティクルの生成、不純物ガスの発生等が少ない。しかも、ヒータ部が流体を加熱する加熱管の外周囲に螺旋状に形成されているため、加熱効率に優れ、かつ流体の加熱昇温操作における熱応答性に優れている。

【0012】なお、本発明にかかる流体加熱装置を、前記流体がガスであり、半導体加熱処理炉に導入されるガスを加熱制御するためのガス加熱装置として用いることが好ましい。即ち、本発明にかかる流体加熱装置を、ガス供給源と前記半導体加熱処理炉とに接続され、ガス供給源から供給されるガスを加熱する加熱管と、前記加熱管の外周囲に螺旋状に形成されたヒータ部と、前記加熱管及びヒータ部を収容するハウジングを少なくとも備え、前記ヒータ部が、カーボンワイヤー発熱体と、前記カーボンワイヤー発熱体を封入した石英ガラス管からなる加熱装置とすることがより好ましい。これによって、半導体加熱処理炉内の処理温度のバラツキを少なくし、かつガス処理される半導体ウエハの不純物汚染を少なくすることができる。

【0013】ここで、前記加熱管の内部に、通過する流

体の抵抗となる充填物が配設されていることが望ましい。このように、加熱管の内部に、通過する例えばガスの抵抗となる充填物が配設されているため、通過する流体に対して適度な滞留時間を付与することができる。その結果、加熱管内部を通過する流体は、前記カーボンワイヤー発熱体からの輻射熱により、充分な熱を得ることができ、所定温度まで昇温させることができる。また、加熱管内部を通過する流体を滞留させることができるため、加熱管、ヒータ部を小型化することができる。

【0014】また、前記充填物が、短柱状の石英ガラスビーズを融着することによって形成された成形体、あるいは連通した細孔が形成された多孔質石英ガラス成形体よりなることが望ましい。特に、短柱状の石英ガラスビーズを融着することによって形成された前記成形体が、直径6乃至12mm、長さ6乃至12mmの石英ガラスビーズと、直径4乃至10mm、長さ4乃至10mmのサイズの大小二種類を、個数比で1:4乃至4:1の割合（より好ましくは6:4乃至8:2の割合）で混合して、融着することによって形成された成形体であることが望ましい。

【0015】このように、石英ガラスビーズを融着することによって形成された成形体よりなる充填物、あるいは連通した細孔が形成された多孔質石英ガラス成形体よりなる充填物が加熱管内に配設されているため、加熱管内に導入されたガスが前記充填物により形成された複雑に屈曲交差する微細な流路を通過することにより適度な滞留時間が付与される。また、前記カーボンワイヤー発熱体からの輻射熱は、前記成形体内部で、複雑に透過、屈折、散乱、反射を繰り返す。その結果、導入されたガスに充分な熱量を付与することができるため、熱交換効率が優れ、加熱管、ヒータ部を小型にすることができる。

【0016】なお、石英ガラス等の石英質の熱伝導性は大きくないため、前記ヒータ部のカーボンワイヤー発熱体から、前記加熱管内部に伝達される熱エネルギーの大部分は、輻射熱である。そのため、前記加熱管内の充填物は、黒色体であるより、むしろ透明体である方が好ましい。これは黒色体の場合、黒色体の表面部分で輻射が吸収されてしまい、前記表面部のみが局部に加熱されしまうためである。これに対して、透明体の場合、透明体に照射された輻射熱は、複雑に透過、反射、屈折して中心部分にまで達し、前記充填物内部を均等に加熱することができる。したがって、充填物である石英ガラスビーズは透明石英ガラスからなることが好ましい。

【0017】また、前記充填物は、複数の石英ガラスパイプであっても良く、また充填物が、複数の開口部を有する石英ガラス製のガス拡乱板であっても良い。特に、前記ガス拡乱板が加熱管の内部に複数枚収容され、少なくとも隣合うガス拡乱板の開口部が一致しないように構

成されていることが望ましい。このような充填物であっても、前記した充填物と同様な効果を得ることができる。

【0018】また、前記ヒータ部とハウジングの間の空間に、高純度断熱材が充填されることが望ましい。前記空間に断熱材が充填されているため、断熱、遮光性に優れ、加熱効率の良好な流体加熱装置を得ることができる。

【0019】また、前記加熱管とヒータ部とが、ハウジング内に設けられた熱遮蔽体内に収容されていることが望ましく、特に前記熱遮蔽体が筒状であって、少なくともこの内表面に、シリカ微粉末とアルミナ微粉末を含有する反射断熱コート膜が形成されていることが望ましい。なお、この熱遮蔽体の熱遮蔽効果を得るためには、この内外面に反射断熱コート膜を形成することが好ましい。このように、加熱管とヒータ部とが、ハウジング内に設けられた石英ガラス製の熱遮蔽体内に収容されているため、断熱、遮光性に優れ、加熱効率の良好な流体加熱装置を得ることができる。特に、前記熱遮蔽体にシリカ微粉末とアルミナ微粉末を含有する反射断熱コート膜が形成されているものは、断熱、遮光性に優れているのみならず、その表面に不純物をトラップする能力を有する。

【0020】更に、前記反射断熱コート膜が、シリカ微粉末とアルミナ微粉末とが、3:1容量部乃至3:7容量部の配合比からなることが望ましく、前記反射断熱コート膜が、更に酸化チタン微粉末を含有することが望ましい。シリカ微粉末とアルミナ微粉末の配合比が、3:7容量部未満でシリカ微粉末の比率が小さくなると表面に不純物をトラップする能力が低下する。一方、シリカ微粉末とアルミナ微粉末の配合比が、3:1容量部を超えてアルミナ微粉末の比率が小さくなると、シリカ微粉末が多くなり過ぎ、表面クラックやコート膜作製時に剥離が発生し易くなるという弊害が生ずる。

【0021】また、前記反射断熱コート膜の膜厚が30μm乃至300μmの範囲にあることが望ましい。反射断熱コート膜の膜厚が30μm未満では断熱、遮光性に劣り、300μmを超えるとコート膜に層状のクラックが発生し易くなり、剥離し易くなるという弊害が生ずるためである。

【0022】また、前記熱遮蔽体とハウジングの間の空間に、高純度断熱材が充填されることが望ましい。前記熱遮蔽体とハウジングの間の空間に断熱材が充填されているため、断熱、遮光性に優れ、加熱効率の良好な流体加熱装置を得ることができる。なお、本発明においては、ハウジング自体を高純度断熱材により構成することによって、より小型化を可能せしめることができる。

【0023】また、前記カーボンワイヤー発熱体が、直径5乃至15μmのカーボンファイバーを束ねたファイバー束を複数束組み上げてなる縞紐形状、あるいは組紐

形状のカーボンワイヤー発熱体であることが望ましく、また前記カーボンワイヤー発熱体が、カーボンファイバーの含有不純物量が灰分重量として10ppm以下であることが望ましい。このように、カーボンワイヤー発熱体が縞紐形状や組紐形状に形成されているものは、引張強度が高く、高熱での耐久性に優れ、しかも容易に変形させることができるため、ヒータ部を構成する螺旋状の石英ガラス管内部に容易に収容することができる。また、カーボンワイヤー発熱体を構成するカーボンファイバーの含有不純物量が灰分重量として10ppm以下と高純度であるため、不純物の拡散を防止することができる。

【0024】本発明にかかる流体加熱装置は、流体供給源から供給される流体を加熱する加熱管と、前記加熱管の外周囲に螺旋状に形成されたヒータ部と、前記加熱管及びヒータ部を収容するハウジングとを少なくとも備え、前記ヒータ部が、カーボンワイヤー発熱体と、前記カーボンワイヤー発熱体を封入した石英ガラス管からなる流体加熱装置であって、前記加熱管の内部に、複数の石英ガラスピースを一部融着することによって形成された多孔質成形体が配設されていることを特徴としている。

【0025】このような多孔質成形体を加熱管の内部に配設することによって、加熱管内に導入されたガスが前記充填物により形成された複雑に屈曲交差する微細な流路を通過することにより適度な滞留時間が付与される。また、前記カーボンワイヤー発熱体からの輻射熱は、前記成形体内部で、複雑に透過、屈折、散乱、反射を繰り返す。その結果、導入されたガスに十分な熱量を付与することができるため、熱交換効率が優れ、加熱管、ヒータ部を小型にすることができる。

【0026】尚、本発明における石英ガラスピースには、石英ガラスからなる一断面が円形もしくは矩形状の柱状体、球状体、破砕状体、あるいは石英ガラスからなる前記いずれかの柱状体に中空部が形成されたいわゆる筒状体等、様々な形態のものが含まれる。また、前記石英ガラスピースの大きさは、複数の石英ガラスピースを一部融着した多孔質成形体を加熱管の内部に配設することができれば、特に限定されるものではない。

【0027】ここで、前記カーボンワイヤー発熱体が、直径5乃至15 $\mu$ mのカーボンファイバーを束ねたファイバー束を複数束縞み上げてなる縞紐形状、あるいは組紐形状のカーボンワイヤー発熱体であることが望ましく、また前記カーボンワイヤー発熱体が、カーボンファイバーの含有不純物量が灰分重量として10ppm以下であることが望ましい。このように、カーボンワイヤー発熱体が縞紐形状や組紐形状に形成されているものは、引張強度が高く、高熱での耐久性に優れ、しかも容易に変形させることができるため、ヒータ部を構成する螺旋状の石英ガラス管内部に容易に収容することができ、本

流体加熱装置のヒータ部を加熱管の外周囲に高精度に設計・配置することが可能となる。また、カーボンワイヤー発熱体を構成するカーボンファイバーの含有不純物量が灰分重量として10ppm以下と高純度であるため、不純物の拡散を防止することができる。

【0028】また、前記加熱管とヒータ部がハウジング内に設けられた高純度な断熱材内に収容されていることが好ましい。これによって、加熱効率を高めるとともに、当該ハウジングの小型化を可能せしめることができる。

【0029】

【発明の実施の形態】以下に、本発明にかかる流体加熱装置の一実施形態で、特にこの流体としてガスを用いる場合を図1乃至図10に基づいて、詳細に説明する。本発明においては、以下、流体加熱装置をガス加熱装置として説明することとする。なお、図1は、本発明にかかるガス加熱装置の一実施形態を示す図であり、(a)は側面断面図、(b)は(a)図におけるA-A線切断断面図を示す。図2は、加熱管内に配設された充填物を示す図であり、(a)は短柱状の透明石英ガラスピースを融着した成形体からなる充填物、(b)は発泡石英ガラスに連通細孔を形成した多孔質石英ガラス成形体からなる充填物を示す。図3は、図2と同様、加熱管内に配設された充填物を示す図であり、(a)は透明石英ガラスパイプを融着した成形体からなる充填物、(b)はその正面図、図4は、石英ガラス製のガス拡乱板からなる充填物、(b)はその正面図である。図5は、ヒータ部の構造を示す図であり、(a)は側面の一部断面図、(b)は正面図である。図6は、ヒータ部に接続される端子部の構造を示す斜視図、図7は、ヒータ部に接続される端子部の他の構造を示す斜視図、図8はカーボンワイヤー発熱体を示す概略図、図9はガス加熱装置を半導体加熱処理炉に接続する接続部の構造を示す断面図、図10は熱遮蔽体の構造を示す概略図である。

【0030】本発明にかかるガス加熱装置1は、図1に示すように、ガス供給源から供給されるガスを加熱する加熱管2と、前記加熱管2の外周囲に螺旋状に形成されたヒータ部3と、前記加熱管2とヒータ部3とが、収納された石英ガラス製の熱遮蔽体4と、前記加熱管2及びヒータ部3を収納する熱遮蔽体4を更に収容するハウジング5と、熱遮蔽体4とハウジング5との間に設けられた高純度な断熱材6と、一端がガス供給源に接続されると共に他端が加熱管2に接続された接続管7と、一端が加熱管2に接続されると共に他端が半導体加熱処理炉(図示せず)に接続された接続管8とから構成されている。

【0031】また、前記ヒータ部3は、図8に示すカーボンワイヤー発熱体10と、前記カーボンワイヤー発熱体10を封入した図5に示す石英ガラス管11から構成されている。また、前記加熱管2の内部には、図2に示

10

20

30

40

50

すように通過するガスの抵抗となる充填物12が配設されている。

【0032】次に、このガス加熱装置を構成する各部材について、詳しく説明する。前記加熱管2は、通常、厚さ1乃至3mm程度の透明石英ガラス材で円筒状に形成されている。また、加熱管2は充填物12を内部に収容した後、接続管7、8が形成された側端板によって閉塞され、密閉される。なお、前記加熱管2のサイズ（有効径、有効長）は、加熱するガス量、加熱温度、ガスの熱容量等の諸要素を勘案して適宜設定されるが、通常、有効直径50乃至100mm、長さ100乃至200mm程度である。

【0033】また、加熱管2の内部に配設される充填物12として、図2に示すような短柱状の透明石英ガラスビーズを融着して形成された成形体12a、あるいは発泡石英ガラスに連通細孔を形成した多孔質石英ガラス成形体12bが用いられる。

【0034】なお、石英ガラスビーズの形状としては、放射熱を吸収して通過ガスに有効に熱を付与できる形状のものであれば、必ずしも短柱状に限定されるものではなく、球状、回転楕円体状、短柱円筒状、鞍型形状等のものを随意採用して差し支えない。しかしながら、融着時に歪みを生じたり、取り扱い時、使用時等に割れや欠けが生じ易いものは好ましくなく、またできるだけ安価で、かつ形状加工が容易な点等から短柱円柱形状のものが好ましい。

【0035】また、前記透明石英ガラスビーズの形状は短柱円柱形状になされ、通気性（通気抵抗圧損）に応じて適宜選択されるが、通常、直径4乃至15mm、長さ4乃至15mm程度、より好ましくは直径6乃至12mm、長さ6乃至12mm程度のものが用いられる。特に、直径6乃至12mm、長さ6乃至12mmの石英ガラスビーズと直径4乃至10mm、長さ4乃至10mmの石英ガラスビーズの大小二種類の短柱円柱状ビーズを6：4乃至8：2の個数比率で混合したものを融着し成形した成形体は、破損や欠けが生じにく、また充填率やガス圧損の点でも適当であるため好ましい。

【0036】前記した石英ガラスビーズを用いて成形体を製造する方法としては、まず、直径6乃至12mm程度の透明石英ガラスのムク棒を6～12mm程度に切断して形成される2種類の大きさの石英ビーズを例えば7（寸法の大きいビーズ）：3（寸法の小さいビーズ）に混ぜ（通常600乃至1000個）を製造する。これを石英筒（加熱管）に入れて、カーボン製の筒形の割り型内に投入し、上からカーボン製の重りを用いて押しつけ、1450℃に加熱して前記石英ガラスビーズ同士を部分的に融着させて円柱状成形体とする。このとき、前記円柱状成形体12aは、石英筒（加熱管2）と一体化する。

【0037】また、前記発泡石英ガラスに連通細孔を形

成させた多孔質石英ガラスよりなる成形体12bは、円柱形状の発泡ガラス成形体を、例えば、フッ酸水溶液、フッ酸・硝酸混合水溶液等のシリカ質腐食性の酸溶液で処理することにより、気泡壁面の一部を溶解除去し、無数の連通孔を形成して通気性としたものである。この多孔質石英ガラス成形体12bの通気性、即ち処理ガス流量当たりの圧損は、例えば、前記酸処理条件を適宜調整することにより、あるいは成形体の長さを調整することにより、調節される。

10 【0038】前記多孔質石英ガラス成形体12bを充填物12として、加熱管2の内部に装着するには、成形体12bを加熱管2に挿入し、加熱管2の端面を側端板で閉塞し、加熱管2内部を減圧状態とする。次いで、前記加熱管2の外部から充填物部分を加熱軟化させることにより、加熱管2の内周面と充填物12の外周面とを融着することによって、固定、装着する。

【0039】なお、前記充填物は、石英ガラスビーズを用いた成形体12a、あるいは多孔質石英ガラス成形体12bに限定されるものではなく、加熱管2内部に配設され、通過ガスの熱交換効率を向上させる作用効果を奏する構造物であって、不純物を拡散しないのであれば良い。例えば図3に示すように、充填物として石英ガラスパイプ12cを用いても良い。具体的に示せば、前記加熱管2が内径φ77.5mm、長さ150mm、肉厚5mmである場合、石英ガラスパイプ12cとして、外径φ8.1mm、内径6.5mm、本数61本を用いることによって、充填物として機能させることができる。なお、石英ガラスパイプ12cは、石英ガラスパイプ間の隙間を細く、均一にすることが好ましい。また、石英ガラスパイプ12cを充填物として加熱管の内部に装着するには、前記した成形体12bの装着と同様な方法で、固定、装着することができる。

【0040】また、通気性の異なる成形体を複数製作し、これらを組合せて充填物12として加熱管2の内部に配設しても良い。このようにいくつかの成形体を組合せて充填物12とすることにより、ガスの圧損調節、即ちガス滞留時間を比較的広範囲にかつ容易に調節できる。例えば図4に示すように、充填物として石英ガラスからなるガス拡乱板12dを用いても良い。前記ガス拡乱板12dには、ガスが通過する開口部12d<sub>1</sub>が複数設けられている。また、図4（b）に示すように、隣合うガス拡乱板12dにおける開口部12d<sub>1</sub>が互いに一致しないように形成、配置されている。そのため、1つのガス拡乱板12dの開口部12d<sub>1</sub>を通過したガスは、次のガス拡乱板12dに当たり、ガスの滞留時間を長くすることができる。ガス拡乱板12dについて、具体的に示せば、前記加熱管2が内径φ77.5mm、長さ150mm、肉厚5mmである場合、ガス拡乱板12dとして、外径φ77.3mm、厚さ5mm、開口部径φ4.5mm、開口部数38個（格子状に配置）を用い



ることによって、充填物として機能させることができる。なお、ガス拡乱板12dを充填物として加熱管の内部に装着するには、前記した成形体12bの装着と同様な方法で、固定、装着することができる。

【0041】更に、石英ガラス等の石英質の熱伝導性は大きくないため、前記ヒータ部3のカーボンワイヤー発熱体10から、それを封入する石英ガラス管11を介して前記加熱管2内部に伝達される熱エネルギーの大部分は、輻射熱である。そのため、前記加熱管2内の充填物12は、黒色体であるより、むしろ透明体である方が好ましい。前記充填物12が黒色体の場合、黒色体の表面部分で輻射線が吸収されてしまい、前記表面部のみが局部に加熱されしまうためである。これに対して充填物12が透明体の場合、照射された輻射熱は、複雑に透過、反射、屈折して中心部分にまで達し、前記充填物12内部を均等に加熱することができる。その結果、加熱管2内部を通過するガスを均一に、加熱することができる。このことから石英ガラスに代わるものとしては、多結晶Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>からなる透光性アルミナが挙げられる。

【0042】このように、加熱管2内部に充填物12が配設されたガス加熱装置は、導入されたガスを所定温度に上昇させるのに充分な滞留時間を前記ガスに与えることができ、かつ、ヒータ部3からの輻射熱を効率よく、ガスに吸収させることができる。

【0043】次に、前記加熱管2を加熱するヒータ部3について説明する。既に述べたとおり、前記ヒータ部3は、その発熱部が、カーボンファイバー束からなるカーボンワイヤー発熱体10を封入した石英ガラス管11からなり、前記加熱管2の表面を螺旋状のように配設されている。この石英ガラス管11は、図5に示されているように、螺旋状の石英ガラス管11aと、前記螺旋状の石英ガラス管11aの一端に接続して前記石英ガラス管11aの螺旋構造を支持する石英ガラス製の直管11bと、前記螺旋状の石英ガラス管11a他端に接続して前記石英ガラス管11aの螺旋構造を支持する石英ガラス製の直管11cとから構成されている。螺旋状の石英ガラス管11aは、直管11b、11cと連通しており、カーボンワイヤー発熱体10は、螺旋状の石英ガラス管11aに収容され、直管11b、11cから導出される。

【0044】また、直管11b、11cの端部には、図6に示すような封止端子部20が設けられている。即ち、螺旋状の石英ガラス管11aから導出したカーボンワイヤー発熱体10は、直管11b、11cに圧縮収納された複数のワイヤーカーボン材11eに圧縮状態で挟み込まれた構造によって接続され、前記ワイヤーカーボン材11eに封止端子部20の接続導線（内接続線）21a、21bが接続する構造を有している。前記封止端子部20は、図6に示すように、直管11b、11c内に収納されているワイヤーカーボン材11eと接続され

る内接続線21a、21bと、図示しない電源に接続される外接線22a、22bと、前記大径石英ガラス管11dに挿入できる、あるいは前記大径石英ガラス管11dを挿入できる径を有する石英ガラス管23と、前記石英ガラス管23の内壁と密着して収納される石英ガラス体24と、前記石英ガラス体24の外周面に形成された内外接続線を保持する溝24aと、石英ガラス体24の外周面に保持された内外接続線を電気的に接続する導電箔であるMo（モリブデン）箔25a、25bと、前記石英ガラス管23の端部を閉塞する閉塞部材26とから構成されている。なお、前記大径石英ガラス管11dと石英ガラス管23は、径を同一とし、各々の端面で溶着することもできる。

【0045】ここで、前記内接続線21a、21b及び外接線22a、22bはMo（モリブデン）、あるいはW（タングステン）棒からなり、その直径は1mm乃至3mmに形成されている。前記内接続線21a、21b及び外接線22a、22bの直径は、必要に応じて適宜選択することができるが、直径が小さい場合には、電気抵抗が高くなるため好ましくない。また直径が大きい場合には、端子自体が大きくなるため好ましくない。なお、内接続線21a、21bは、直管11b、11c内に圧縮収納されているワイヤーカーボン材11eに差し込むことで容易に接続ができるように、その先端部は尖っている。この場合、差し込む深さは、端子3a、3bとの物理的かつ電気的結合性を良好なものとするためには10mm以上であることが好ましい。より好ましくは、15mm以上である。

【0046】また、内接続線21a、21b及び外接線22a、22bの端部は、前記石英ガラス体24の外周面に形成された内外接続線を保持する溝24aに収納され、収納した際内接続線21a、21b及び外接線22a、22bの外周面が石英ガラス体24の外周面から余り突出しないように形成されている。また、内接続線21a、21bと外接線22a、22bとは、溝24aに収納した状態にあっては、石英ガラス体24によって電気的に絶縁され、後述する導電箔であるMo（モリブデン）箔25a、25bによって電気的に導通される。

【0047】前記Mo（モリブデン）箔25a、25bは、前記内接続線21aと外接線22aとを、また前記内接続線21bと外接線22bとを電気的に接続するために、石英ガラス体24の外周面に沿うように取り付けられている。なお、Mo箔25aとMo箔25bとは、電気的なショートを避けるため一定の間隔Sが設けられている。なお、導電箔として、Mo箔を用いているが、この他タングステン（W）箔などを用いることができるが、Mo箔を用いることがこの高い柔軟性の点から好ましい。

【0048】また、前記石英ガラス管23との端部を閉

塞する閉塞部材26として、 $Al_2O_3$ 、粉を主成分としたセメント部材が装填されている。このセメント部材は、アルミナ粉に水を添加し、200℃で乾燥固化したものである。前記したMo箔25a、25bは350℃以上で酸素または湿気と反応し酸化物となり、この酸化物に変化する際、体積膨張する。この閉塞部材26は、外気と遮断することにより、Mo箔25a、25bの体積膨張を防止し、石英ガラス管23の破損を防止するために設けられている。閉塞部材として、前記したセメント( $Al_2O_3$ 、質)部材以外に、樹脂や $SiO_2$ 、微粉を用いたセメントを使用することができるが、耐熱性や乾燥的クラック発生を抑制する観点から $Al_2O_3$ 、粉を主成分としたセメント部材を用いるのが好ましい。

【0049】次に、図7に基づいて、他の封止端子部を説明する。この封止端子部30は接続線32を1本有するものであり、直管11b、11cの夫々に別々に取り付けられる。即ち、1つのヒータ部3に対して、図7に示した封止端子部30が2個必要となる。以下、直管11bに取り付けられる封止端子部と、直管11cに取り付けられる封止端子部とは構成を同じくするため、直管11bに取り付けられる封止端子部を例にとって説明する。

【0050】封止端子部30を構成するガラス管31は、即ち、直管11bと融着してあるいは溶接して一体化するガラス管31は、直管11bとの融着側から、石英ガラス部31a、グレイデッド(Graded)シール部31b、タングステン(W)ガラス部31cによって構成されている。そして、直管11b内に圧縮収納されているカーボンワイヤーに接続されるタングステン(W)からなる接続線32は、タングステン(W)ガラス部31cのピンチシール部31dでピンチシールされる。

【0051】すなわち、ピンチシール部31dを、接続線を構成するタングステン(W)の熱膨張係数に近いタングステン(W)ガラスで形成すると共に、直管11bとの融着側を石英ガラスで形成した点に特徴がある。このように、ピンチシール部31dを、接続線を構成するタングステン(W)の熱膨張係数に近いタングステン(W)ガラスで形成したため、接続線32の高温時熱膨張に伴うガラス部(ピンチシール部31d)の破損を防止することができる。また、直管11bと融着される石英ガラス管31(石英ガラス部31a)を、直管11bと同等あるいは同一の石英ガラスとすることで、熱膨張に伴う破損を防止することができる。また高純度の石英ガラスを用いることにより、金属汚染を防止することができる。

【0052】更に、石英ガラス部31aとタングステン(W)ガラス部31cとを間にグレイデッド(Graded)シール部31bを形成した点にも特徴がある。すなわち、 $SiO_2$ 、成分とWガラス成分が徐々に変化する前記石英ガラス部31aと接する側を石英ガラス組成もしくは

は、これと熱膨張係数が近似する材料とし、前記Wガラス部31bと接する側に向け、上記熱膨張係数をWガラスのそれにより近似するように傾斜分布させた材料からなるグレイデッド(Graded)シール部31bを石英ガラス部31aとタングステン(W)ガラス部31cとを間に設けることにより、高温時熱膨張に伴うガラス管31の破損を防止することができる。

【0053】このように、この封止端子部30は、前記した封止端子部20場合に比べて、封止端子部の構成をより簡略化することができ、それに伴い部品の数の削減、作業工数を削減することができる。

【0054】次に、図8に基づいてカーボンワイヤー発熱体10について説明する。このカーボンワイヤー発熱体10は、極細いカーボン単繊維を束ねたカーボンファイバー束を、編組形状、あるいは組紐形状に複数束編み上げて作製したものであり、従来の金属製や $SiC$ 製の発熱体に比べて、熱容量が小さく昇降温特性に優れ、また非酸化性雰囲気中では高温耐久性にも優れている。

【0055】また、細いカーボン単繊維の繊維束を複数本編んで作製されたものであるため、ムクのカーボン材からなる発熱体に比べフレキシビリティに富み、形状変形順応性や加工性に優れている。具体的には、前記カーボンワイヤー発熱体10として、直径5乃至15 $\mu m$ のカーボンファイバー、例えば、直径7 $\mu m$ のカーボンファイバーを約3000乃至3500本程度束ねたファイバー束を10束程度用いて直径約2mmの編組、あるいは組紐形状に編み込んだ等のカーボンワイヤー発熱体が用いられる。前記の場合において、ワイヤーの編み込みスパンは2乃至5mm程度である。なお、前記編組あるいは組紐形状のカーボンワイヤー発熱体10は、表面にカーボンファイバーの毛羽立ち10aを有することが好ましく、前記毛羽立ちとは、カーボンファイバー(単繊維)が切断されたものの一部が、カーボンワイヤーの外周面から突出したものである。

【0056】そして、このようなカーボンワイヤー発熱体10を、石英ガラス管11a、11b、11cの内部において、前記毛羽立ち10aのみが石英ガラス管の内壁と接触し、カーボンワイヤー発熱体の本体は実質的に接触しないように挿入することが好ましい。そのようにすることによって、石英ガラス( $SiO_2$ )とカーボンワイヤー発熱体の炭素(C)との高温下における反応が極力抑えられ、石英ガラスの劣化、カーボンワイヤーの耐久性の低下が抑制される。このカーボンファイバーによる表面の毛羽立ちは0.5乃至2.5mm程度であることが好ましい。このような構成とするためには、前記カーボンワイヤー発熱体の直径及び本数に対し、上記封入石英ガラス管の内径を適宜選定すれば良い。

【0057】また、発熱性状の均質性、耐久安定性等の観点及びダスト発生回避上の観点から、前記カーボンファイバーは、高純度であることが好ましく、カーボンフ

ファイバー中に含まれる不純物量が灰分重量として10ppm以下であることが好ましい。より好ましくは、カーボンファイバー中に含まれる不純物量が灰分重量として3ppm以下である。

【0058】また、本発明のヒータ部3の前記カーボンワイヤー発熱体10は、前記したように、その両端部で夫々複数のワイヤーカーボン材11eに圧縮状態で挟み込ませた構造によって接続し、前記複数のワイヤーカーボン材11eを介して接続線により封止端子部20に電氣的に接続される構成とすることが好ましい。即ち、上記複数のワイヤーカーボン材11eは、前記カーボンワイヤー発熱体10と前記導線との間で温度緩衝材として作用し、好ましくは、電気抵抗(単位長当り)を前記カーボンワイヤー発熱体10の1/5以下になるように、例えば、ワイヤー本数を前記発熱体の5倍以上とする。

【0059】このように前記カーボンワイヤー発熱体10が直接導線と接続されるのではなく、圧縮収容された前記複数のワイヤーカーボン材を介して接続されているため前記発熱体が高温になっても複数のワイヤーカーボン材11eとカーボンワイヤー発熱体10との接続が緩んでしまうことが無く、また、ワイヤーカーボン材内で温度が十分に低下するため導線との接続が緩まず、良好な電氣的接続状態が維持される。しかも、複数のワイヤーカーボン材11eの炭素成分が還元作用を奏し導線の酸化の増大を抑制することができ、その結果これに伴うスパークの発生が防止できる。

【0060】前記ワイヤーカーボン材の具体例について説明すると、前記したカーボンワイヤー発熱体と同様な、直径5乃至15 $\mu$ mのカーボンファイバー、例えば、直径7 $\mu$ mのカーボンファイバーを約3000乃至3500本程度束ねたファイバー束を10束程度以上用いて直径約2mm以上の編組、あるいは組紐形状に編み込んだ等のカーボンワイヤーが用いられる。前記の場合において、ワイヤーの編み込みスパンは2乃至5mm程度であり、カーボンファイバーによる表面の毛羽立ちは0.5乃至2.5mm程度である。なお、前記毛羽立ちは、前記カーボンワイヤー発熱体と同様、ファイバーが切断されたものの一部が、カーボンワイヤーの外周面から突出したものである。

【0061】前記ワイヤーカーボン材は、カーボンワイヤー発熱体と同一もしくは、少なくともカーボンファイバー束を束ねたファイバー束を複数編み上げてなる編組あるいは組紐形状である点において同等の構成材料からなるのが好ましい。なお、同一の構成材料とは、カーボンファイバー直径、カーボンファイバーの束ねた本数、ファイバー束を束ねる束数、編み込み方、編み込みスパン長さ、毛羽立ち長さ、材質が同一であることが好ましい。なお、カーボンワイヤー発熱体の場合と同様にワイヤーカーボン材のカーボンファイバー中に含まれる不純物量が灰分重量として10ppm以下であることが好ま

しい。より好ましくは、カーボンファイバー中に含まれる不純物量が灰分重量として3ppm以下である。

【0062】次に、加熱管2及びヒータ部3を収納する熱遮蔽体4について説明する。前記熱遮蔽体4は、ヒータ部3から外部側に向けて輻射する熱線を反射してヒータ部3の熱効率をより一層向上させるため、前記加熱管2とヒータ部3とを覆っている。そして前記熱遮蔽体4はハウジング5内に配設される。図10に示すように、この熱遮蔽体4は円筒形状に形成され、円筒の下部壁面には長手方向に切欠部4aが形成されている。この切欠部4aは前記したヒータ部3の直管11b、11cが位置する。その結果、ヒータ部3の螺旋管11aは、熱遮蔽体4の内側側面に近接して配置することができる。また、前記熱遮蔽体4の構成材料として、透明石英ガラス材、不透明石英ガラス材、炭化珪素材及び炭化珪素・珪素複合材等が用いられる。

【0063】更に、前記熱遮蔽体4には、少なくともその内表面を反射断熱コート膜で被覆することが好ましく、このような反射断熱コート膜に特に好適な組成物として、シリカ微粉末とアルミナ微粉末、またシリカ微粉末とアルミナ微粉末に酸化チタン微粉末を含有したものが好ましい。より好ましくは、前記円筒形状熱遮蔽体4の表面全体を前記反射断熱コート膜で被覆するとよい。

【0064】前記シリカ微粉末、アルミナ微粉末、酸化チタン微粉末の平均粒径は0.1乃至200 $\mu$ m程度、配合比(容量比)は、シリカ微粉末とアルミナ微粉末とが、3部:1部乃至3部:7部程度であり、酸化チタン微粉末が配合される場合は、前記アルミナ100部に対し50乃至150部の容量比で配合される。この反射断熱コート膜の組成物を前記熱遮蔽体4の片側(円筒面の内側面)又は両側面(円筒面の内側面、及び外側面)に30乃至200 $\mu$ m程度の厚さに塗布し、1000℃程度の温度で焼付けた反射断熱コート膜は、1200℃以上の高温下に長時間曝しても劣化して剥離を生じたり極端に変色することがない。しかも、膜厚100 $\mu$ mの場合、波長2.5 $\mu$ mの熱線を45%以上の高い反射率で反射させることができる。

【0065】また、反射断熱コート膜表面が、シリカ微粉末、アルミナ微粉末等が存在するため表面積が広く、Cu等の金属不純物を前記表面の微粒子界面にトラップすることができ、前記遮光断熱効果のみならず不純物捕捉、拡散防止効果も奏する。

【0066】また、前記熱遮蔽体4とハウジング5の空間、また熱遮蔽体4とヒータ部3との間の空間に、例えばグラスウール等の高純度断熱材6を充填することが好ましい。また、熱遮蔽体4を内部に収納し、ガス加熱装置1の外形を形成するハウジング5は、石英ガラス材で作製されているのが好ましいが、石英ガラス材に限ったものではなく、例えば金属性ケースであってもよい。このハウジング5は筒状をなし、加熱管2、ヒータ部3、

熱遮蔽板4を収納した後、密閉される。なお、ハウジング5の側端面には接続管7、8、ヒータ部3の封止端子部20を導出する開孔部が設けられている。

【0067】また、この半導体加熱処理炉に接続され接続部8aは、前記接続部分からの放熱によるガス温低下、炉の熱効率低下や温度分布乱れ等を極力低減させるため、図9に示したような接続構造を備えている。即ち、接続部8aは、不透明石英ガラス材からなるフランジ部分8bと挿入管8dからなり、前記フランジ部分8bの半導体加熱処理炉接続部フランジ62に当接するシール面8cは、フランジ部分8bに透明石英ガラスを肉盛りすることによって形成される。このようにシール面8cが透明石英ガラスの肉盛りにより形成されているため、シール性が向上すると共に、フランジ部分8bが不透明石英ガラスからなるため、断熱性、遮光性に優れている。なお、前記フランジ部分8bは、必ずしも不透明石英ガラス材によって構成する必要はなく、フランジ部分8bを透明ガラス材によって構成した場合には、該フランジ部8bに透明石英ガラスを肉盛りして、シール面8cを形成する必要はない。

【0068】本発明のガス加熱装置において、上記以外の構成部材や機構、例えば、ガス供給源との接続部材、熱交換器の加熱温度制御機構等はそれ自体公知の部材、機構を用いて差し支えない。上述の説明においては、本発明の流体加熱装置について、特に流体としてガスを用いる場合を説明したが、ガスに換えて例えば純水等の液体を用いる場合においても同等の作用、効果を示すものである。

【0069】

【実施例】「実施例1」下記仕様の本発明にかかるガス加熱装置（図16参照）を作製した。なお、図16において、図1に示された部材と同一あるいは相当する部材は同一符号を付する。

ガス加熱装置仕様

\*

| 流量 (slm)    | 0     | 5     | 10    | 20    |
|-------------|-------|-------|-------|-------|
| ヒータ温度 (℃)   | 1000  | 1000  | 1000  | 1000  |
| アウトガス温度 (℃) | 320.0 | 888.0 | 927.0 | 977.5 |
| 電力 (w)      | 813   | 900   | 978   | 1150  |
| 安定時間 (sec)  | —     | 480   | 678   | 1032  |

【0072】表1により、本発明によれば1000W程度の比較的低電力によって、かなり高い熱効率でガス加熱が可能であることがわかる。

【0073】また、本実施例によれば、上述の通り当該ガス加熱装置を長さ220mm×直径φ160mm程度のハウジング外形の大きさに留めることができ、より小型化が容易であり、さらには、当該ガス加熱装置から出されるガスは、1000時間の連続加熱後においても、高純度が損なわれないことが確認された。また、100

\*ハウジング5：石英ガラス製円筒型ハウジング（長さ220mm×直径φ160mm）。

ヒータ部3：7μmカーボン繊維（ファイバー）を30000本束ねてφ2mmとし、それを3本編組状にしてカーボンワイヤー発熱体とした。

石英ガラス管（φ5mm）；螺旋状管は曲率半径40mm（図5参照）直管、封止端子部を含むヒータ全体構造；図1参照）。

加熱管2：透明石英ガラス製（筒型φ80×170mm）

充填物12：φ8×8mmの透明短円柱状石英ガラスビーズ約800個とφ6×6mmの透明短円柱状石英ガラスビーズ約200個とを割型内に混合充填し、加熱圧縮下に部分的に融着した成形体（開気孔率=34%）

ハウジング内断熱材6：高純度断熱材SiO<sub>2</sub>：Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>=3：7のファイバー（Fe≤10ppm、Cu≤0.5ppm、Ni≤0.5ppm、Na≤50ppm）であり、かつ全金属不純物含有量≤150ppm）

【0070】図16に示すガス加熱装置において、ヒータ温度が1000℃となるようにヒータに電力をかけることによってヒータを発熱させた状態とした後に、所定流量（0, 5, 10, 20slm）の窒素ガスをガス導入管（接続管）7より充填物12が配置された加熱管2内に導入した際のガスアウト温度の測定を行った。なお、上記ヒータ温度とは、ヒータ付近に先端部を非接触で配置した熱伝対13aによって、測定した温度であり、また、上記アウトガス温度とは、ガス排出管（接続管）8内で加熱管2に近い位置に先端部を配置した熱伝対13bにより測定した温度である。この結果を、要した電力及び電流値が±0.2A以内で安定するまでの安定時間とともに表1に示す。

【0071】

【表1】

0時間の連続加熱後でも部材の破損、劣化等が確認されなかった。

【0074】「実施例2」実施例1で用いた加熱管内に配置される充填物を、見掛け比重0.5g/cm<sup>3</sup>、気孔率80%の発泡石英とする以外は、実施例1の場合と同様にしたガス加熱装置を作成し、実施例1と同様の評価を行った。この結果を表2に示す。

【0075】

【表2】

|             |       |       |       |        |
|-------------|-------|-------|-------|--------|
| 流量 (slm)    | 0     | 5     | 10    | 20     |
| ヒータ温度 (℃)   | 1000  | 1000  | 1000  | 1000   |
| アウトガス温度 (℃) | 315.5 | 942.7 | 977.8 | 1015.5 |
| 電力 (w)      | 822   | 933   | 1037  | 1283   |
| 安定時間 (sec)  | -     | 284   | 538   | 518    |

表2より、本発明によれば1000W程度の比較的低電力によって、かなり高い熱効率でガス加熱が可能であることがわかる。また、本実施例によれば、上記実施例1と同様に、1000時間の連続加熱を行った後でも、ガス加熱装置から出されるガスが不純物汚染されることなく高純度に維持され、部材の破損、劣化が確認されなかった。

【0076】なお、本発明にかかるガス加熱装置は、一般に、酸化性ガス、還元性ガス、不活性ガス等の反応用、処理用、あるいは雰囲気用ガスの加熱装置として用いることができる。

【0077】

【発明の効果】以上のように、本発明にかかる流体流体装置は耐久性に優れ、しかもパーティクル等の発生や金属汚染等を抑制することができ、小型化可能な流体加熱装置及びこの装置を備えた半導体加熱処理炉を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、本発明にかかる流体加熱装置（ガス加熱装置）の一実施形態を示す図、（a）は側面断面図、（b）は（a）図に於けるA-A線断面図である。

【図2】図2は、図1に示したガス加熱装置に用いられている加熱管及び充填物を示す図であって、（a）は短柱状の石英ビーズを融着した充填物、（b）は発泡石英ガラスに連通細孔を形成した多孔質石英ガラス充填物である。

【図3】図3は、図1に示したガス加熱装置に用いられている加熱管及び他の充填物を示す図であって、（a）は石英パイプからなる充填物を示す図、（b）は（a）の正面図である。

【図4】図4は、図1に示したガス加熱装置に用いられている加熱管及び他の充填物を示す図であって、（a）は石英からなるガス拡散板を充填物とした図、（b）は（a）の正面図である。

【図5】図5は、図1に示したガス加熱装置のヒータ部に用いられている加熱管の構造を示す図、（a）は側面一部断面図、（b）は平面図である。

【図6】図6は、図1に示したガス加熱装置の封止端子部の構造を示す斜視図である。

【図7】図7は、図1に示したガス加熱装置の他の封止端子部の構造を示す斜視図である。

【図8】図8は、図1に示したガス加熱装置のカーボン

ワイヤ発熱体を示す概略図である。

【図9】図9は、本発明のガス加熱装置の半導体加熱処理炉への接続構造の一例を示す図である。

【図10】図10は、図1に示したガス加熱装置の熱遮蔽体の構造を示す斜視図である。

【図11】図11は、拡散炉の操作に於いて実施される昇降温度一時間ダイヤグラムを示した折線グラフである。

【図12】図12は、ガス予熱装置を持たない従来の縦型パッチ式酸化反応炉の一例を示す図である。

【図13】図13は、従来型のガス予熱装置を配設した縦型パッチ式酸化反応炉の一例を示す図である。

【図14】図14は、従来型のガス予熱装置を配設した枚葉型ベルジャー炉エビタキシャル薄膜成長装置の一例を示す図である。

【図15】図15は、図11の装置のガス予熱装置構造を示す概略図である。

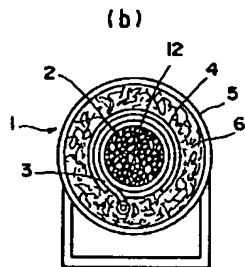
【図16】図16は、本発明にかかるガス加熱装置の他の実施形態（実施例で用いた形態）を示す図である。

【符号の説明】

- 1 ガス加熱装置
- 2 加熱管
- 3 ヒータ部
- 4 熱遮蔽板
- 5ハウジング
- 6 断熱材
- 7 接続管
- 8 接続管
- 10 カーボンワイヤ発熱体
- 11 石英ガラス管
- 11a 螺旋管
- 11b 直管
- 12 充填物
- 12a 石英ガラスビーズ設着成形体
- 12b 多孔質石英ガラス成形体
- 12c 石英ガラスパイプ
- 12d ガス拡散板
- 12d、開口部
- 13a 熱伝対
- 13b 熱伝対
- 20 封止端子部
- 30 封止端子部

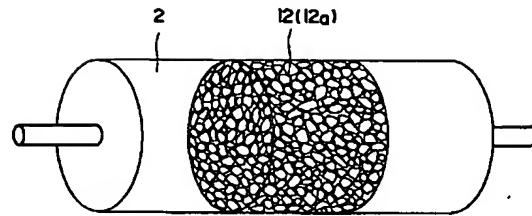
【圖 1】

(a)

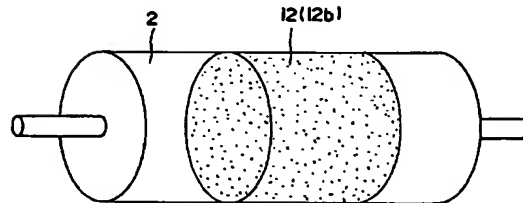


【圖2】

(a)

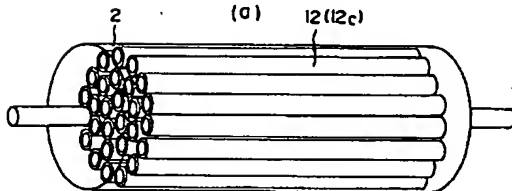


(b)

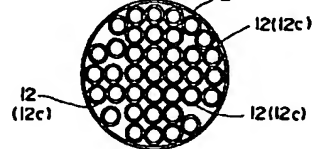


【図3】

(a)

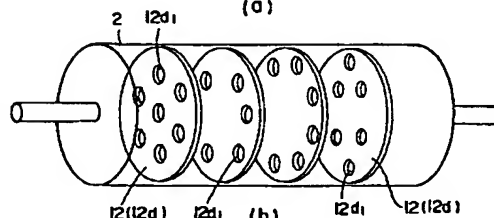


(b)

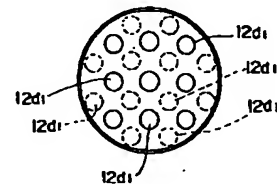


【図4】

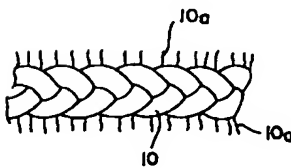
{0}



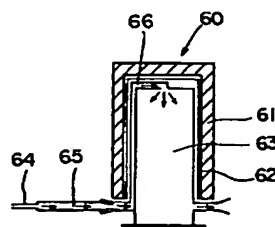
(b)



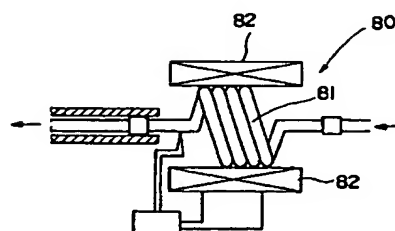
【圖8】



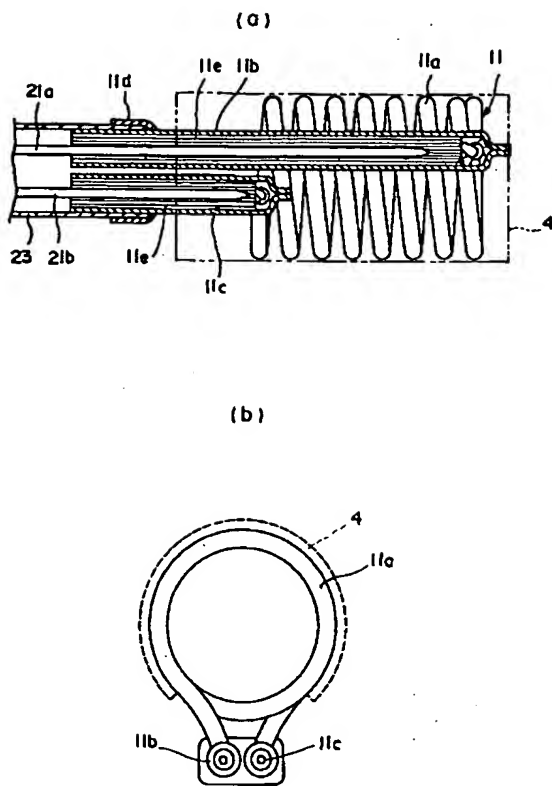
【圖 12】



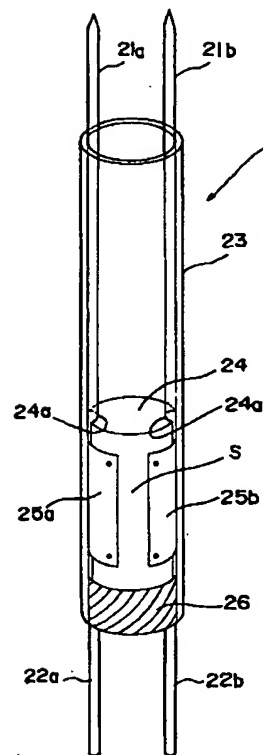
【圖 15】



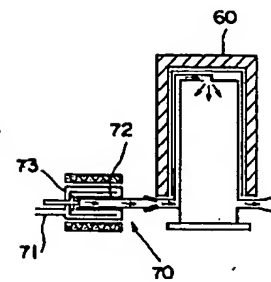
【図5】



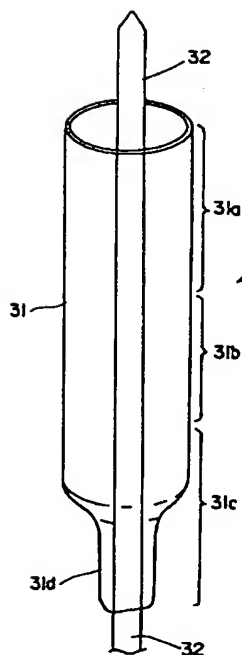
【図6】



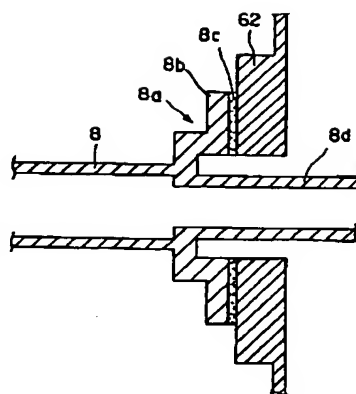
【図13】



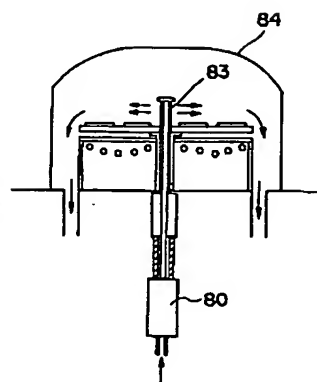
【図7】



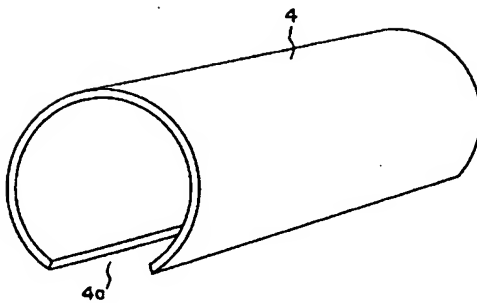
【図9】



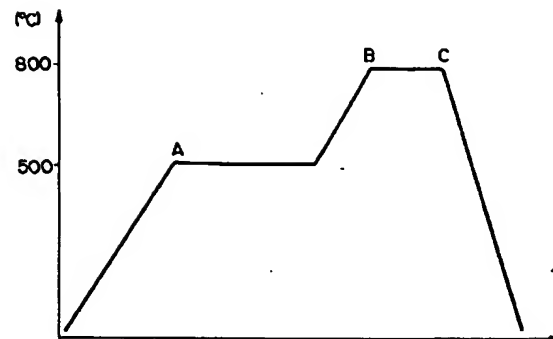
【図14】



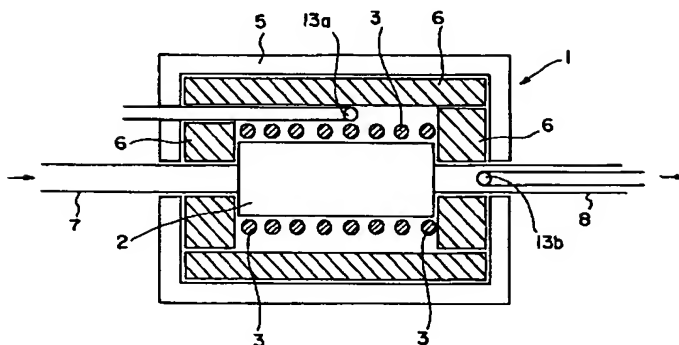
【図10】



【図11】



【図16】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 L 21/31

H 0 5 B 3/14

G

H 0 5 B 3/14

3/40

A

3/40

3/44

3/44

H 0 1 L 21/26

J

(72)発明者 金 富雄

山形県西置賜郡小国町大字小国町378番地  
東芝セラミックス株式会社小国製造所内

(72)発明者 三浦 一敏

東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放  
送センター 東京エレクトロン株式会社内

(72)発明者 永田 智浩

山形県西置賜郡小国町大字小国町378番地  
東芝セラミックス株式会社小国製造所内

(72)発明者 長谷川 陽成

東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放  
送センター 東京エレクトロン株式会社内

(72)発明者 瀬古 順

山形県西置賜郡小国町大字小国町378番地  
東芝セラミックス株式会社小国製造所内

(72)発明者 星 丈治

東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放  
送センター 東京エレクトロン株式会社内

(72)発明者 斎藤 孝規

東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放  
送センター 東京エレクトロン株式会社内

(72)発明者 石井 勝利

東京都港区赤坂五丁目3番6号 TBS放  
送センター 東京エレクトロン株式会社内



Fターム(参考) 3K092 PP11 QA01 QA02 QB16 QB44  
QC02 QC20 RA03 RB23 RC02  
RD11 SS12 SS33 TT01 TT35  
TT39 VV04 VV28 VV40  
3L034 BA14 BA17  
5F045 AA20 BB02 BB15 DQ05 EE07  
EK01